第 29 卷 第 4 期　　昆 虫 学 报　　Vol. 29, No. 4
1986 年 11 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Nov., 1986

环境照度和温度对两种夜蛾复眼适应转化的影响*

侯 无 危
（中国科学院动物研究所）

摘要 粘虫蛾复眼经过六种不同照度（0.5、1.5、6.0、13、29、50 勒克司）的适应所测得的各反光区指数表明，当环境的照度增加时，大多数蛾眼受到光的影响而反光区的面积明显变小。在 29 勒克司的照度环境时，则大部分因受到光的抑制而不出现反光区。当低于 29 勒克司时，复眼的适应状态就参差不齐，这可能反映了粘虫蛾的复眼并不是都具备同等适应的能力。在 50 勒克司的照度下，蛾眼全都被抑制而停留在昼眼状态。

棉铃虫蛾复眼在七种温度（1、5、8、9、10、15、25℃）下经过完全暗适应的处理后表明，随着温度的提高，蛾眼的平均反光区面积也相应增大。低于 8℃以下的温度时，对蛾眼转化有明显差异，在 8℃的温度下暗适应 1.5 小时后，大多数的蛾眼正处在转化或未转化的状态，因此可以认为，在 8℃时棉铃虫蛾复眼的视觉灵敏度不是很高的。同样大小的反光区面积，当温度低时通过蛾眼底片的相对透射光量就大，温度高时通过的相对透射光量就较少。

关键词 粘虫　棉铃虫　照度　温度　适应转化　复眼

在利用灯光治虫时，了解害虫视觉器官的特点，对于分析防治效果和探索用灯方法是很重要的。我们早先的工作表明，棉铃虫蛾的复眼在日夜交替的自然条件下，对于环境照度变化的适应很不一致；而且向夜眼转化的程度，可以影响棉铃虫蛾和粘虫蛾的趋光性的强弱（侯无危　贺小威，1979；马幼飞　李典谟等，1981）。但为什么同种夜蛾会有这种差异，是否有的虫蛾需要在极暗的情况下才完成转化过程，而另一些虫蛾则在照度较大的情况下已经完成这个过程，尚不清楚。此外，近期的研究表明，温度对于复眼的适应能力，具有明显的影响。例如一种光适应的浮尘子 *Myndus crudus* 的复眼，在 8℃的暗处经 45 分钟后，并不转化为暗适应眼；而在 24—27℃的暗处经 15—20 分钟后，即可转化为暗适应眼（Howard, 1981）。而光适应 *Oncopeltus fasciius* 的复眼光接受器，当温度在 10—35℃时，反应相对不灵敏，当温度低于 10℃时，经过暗适应复眼的灵敏度和反应振幅就增加（Dudek, 1975）。至于在早春或深秋，夜蛾的昼眼在日暮时，是否也会因低温的影响而不向夜眼转化或转化得较差？本项工作就是对于上述问题进行的初步研究。

一、照度对粘虫蛾复眼转化的影响

材料和方法

以室内饲养羽化后第二至第三天取食 10% 蜂蜜水的粘虫蛾为实验材料。在 400 勒克司的散射光下光适应 6 小时，使实验蛾的复眼处于同样的生理状态。实验材料以 9 头为一组，分成六组，分别在 25℃的不同照度的散射光下（0.5、1.5、6、13、29、50 勒克司），经

本文于 1984 年 12 月收到。
* 本文承陈宁生同志审阅并提出宝贵意见，李明辉同志提供棉铃虫材料，李树浦同志提供饶阳测报站诱蛾资料，在此一并致谢。

1.5 小时适应，通过有投射光的显微摄影，逐头记录和计算蛾眼的反光区指数(测量底片上每只蛾眼的反光区直径和复眼直径，算出二者之间的比值，再乘以 100 后，简称为反光区指数，作为暗应程度的比较标准)。

结果

实验蛾的复眼经过在六种不同照度下的适应后所测得的各反光区指数列于表 1。在微弱光 0.5 勒克司照度下，除一头蛾的复眼向夜眼转化得略差外(反光区指数为 48.2)，其余粘虫蛾的反光区指数都在 51 以上。这与我们以前所测的，经过长期暗适应后的情况相同。在环境光的照度增加到 3 倍为 1.5 勒克司时，则大多数蛾眼受到光的影响，反光区的面积明显较小。当照度增加到 13 勒克司时，则蛾眼形成的反光区面积更小，甚至有 2 头粘虫蛾受光的抑制而停留在昼眼状态。

表 1 照度对蛾眼反光区的影响 (25℃)

照度(勒克司)	虫数	平均反光区指数	各反光区指数内的虫数分布百分率(%)				
			0—10	11—20	21—30	31—50	51—65
50	9	0	100	0	0	0	0
29	9	2.6	100	0	0	0	0
13	9	12.8	33.3	44.4	22.2	0	0
6.0	9	31.7	0	22.2	11.1	66.6	0
1.5	9	38.5	0	0	22.0	66.6	11.1
0.5	9	53.0	0	0	0	11.1	88.8

表 2 平均反光区指数的差异

组别(勒克司)	平均反光区指数	组间差异		
0.5	53.0			
1.5	38.5	14.5*		
6.0	31.7	21.5**	6.8	
13.0	12.8	40.2**	25.7**	18.9**
		0.5	1.5	6.0

* 显著，** 极显著。

从表 2 所列的各组平均反光区指数之间的差异可以看出，在 0.5 勒克司照度条件下适应后的粘虫蛾眼与其它五种照度下适应后的蛾眼都有差异，且照度差别愈大，平均反光区指数之间的差异愈显著。但 1.5 勒克司与 6.0 勒克司之间虽然照度相差四倍，然而在向夜眼转化而出现的反光区指数，则没有显著差异。至于在 29 勒克司照度下适应 1.5 小时后，结果只看到有少数蛾眼有些转化，大部分的蛾眼则受到抑制而不出现反光区。实验的蛾眼若在 50 勒克司的照度下适应 1.5 小时，则会受到抑制而没有丝毫向夜眼转化的迹象，全都停留在昼眼状态。

二、温度对棉铃虫蛾复眼转化的影响

材料和方法

每天清晨将经过用 10% 蜂蜜水饲养的在室内羽化第二至第三天的棉铃虫蛾，置于 400 勒克司散射光下明适应 6 小时左右。然后置于七种温度 (1、5、8、9、10、15、25℃)的条

件下暗适应 1.5 小时，通过有投射光的显微摄影，记录检查蛾眼有否转化反应，再求出每只蛾眼的反光区指数（测量和计算方法见前）。

结果

从七种温度下的显微摄影中可以看到，当环境温度达到 5℃时，随着温度的提高，蛾眼的平均反光区面积也相应增大（表 3）。在 5℃的条件下，部分蛾眼已向夜眼发生一定程度的转化，但更多的蛾眼仅开始转化或仍停留在昼眼状态。从初步得到的结果看，在 8℃的情况下，大多数蛾眼转化得仍较差。反光区指数内的虫数分布百分率表明，在 9℃时就有 81.7%的虫数的平均反光区指数达到 50.1。当环境温度超过 8℃时，除个别的蛾眼不转化外，绝大多数蛾眼的反光区面积都接近或达到充分暗适应状态。而 1℃的温度则明显地抑制了蛾眼的转化，即使经过长时间暗适应后，表现仍为昼眼。

六种温度（5、8、9、10、15、25℃）对蛾眼反光区的影响，最高的一组和最低的一组的差异是显而易见的。至于其它各组之间差异，可以通过对所得的六个平均数逐对地进行比较（表 4）。

表 3　温度对蛾眼反光区的影响及虫数分布

温度(℃)	虫数(头)	平均反光区指数	各反光区指数内的虫数分布百分率(%)		
			0—40	41—50	51—65
1	11	0	100	0	0
5	11	22.1	81.7	18.1	0
8	11	29.0	54.4	27.2	18.1
9	11	50.1	9	9	81.7
10	11	54.6	9	0	90.7
15	11	57.0	9	0	90.7
25	11	58.1	0	0	99.8

表 4　各组平均反光区指数差异表

温度(℃)	平均数	差异				
25	58.1					
15	57.0	1.1				
10	54.6	3.5	2.4			
9	50.1	8.0	6.9	4.5		
8	29.0	29.1**	28.0**	25.6**	21.1**	
5	22.1	36.0**	34.9**	32.5**	28.0**	6.9
		25	15	10	9	8

** 极显著。

表 4 所列的平均数之差异，说明 9—25℃四组温度对棉铃虫蛾眼的影响与 8℃以下二组温度都有显著差异。

为了检查蛾眼在不同温度下暗适应转化程度的深浅，我们用硒光电池作为接受器，以稳压 5 伏作为微光的电源，对 26 头蛾眼的底片上的反光区面积进行了测定；底片上的不同反光区在检流计上显现出不同透射光量，通过测定明确在不同的温度下，进入底片的透射光量的多少也是不同的。温度低，通过底片反光区的透射光量就大，表明蛾眼暗适应的

程度浅，随着温度的提高，透过底片反光区的透射光量也就逐渐减少，则表明蛾眼暗适应的转化程度就深。现将相同的或近似的反光区指数的底片对所通过透射光量的测定列于表 5。

表 5 不同温度下反射光斑的透射比较

温度℃ / 相对透射光量 / 反光区指数	8	9	10	15	25
56.3	0.25	—	0.20	0.11	—
58.7	—	0.33	—	-	—
58.6	—	—	0.30	—	—
58.8	—	—	—	—	0.15

此外，我们按上述同样方法处理，对于 25℃和 15℃对雌雄棉铃虫蛾在同样暗适应条件下的影响进行了统计比较，查明反光区平均指数没有什么大的差异。

由此说明，温度对棉铃虫蛾复眼在暗适应时向夜眼的转化在性别上表明没有明显差异。

讨 论

1. 在 50 勒克司的照度下，粘虫蛾的复眼，在不同个体之间比较一致，此时它们完全没有反光区，表明处于昼眼状态。在照度为 29 勒克司至 0.5 勒克司时，复眼的适应状态就参差不齐，甚至相差很悬殊。这种情况可能反映了并不是所有的粘虫蛾都具备同等的适应能力，也许有的个体蛾眼的适应能力较好，要在环境很暗的情况下，复眼才能转化完毕，它们不仅能在较亮处活动，也能够在很暗的光线下活动。而另一些个体的适应能力较差，在不太暗的光线下复眼就转化完毕，当环境更暗时，复眼不能进一步的适应，也就难以活动。我们以前的工作曾经表明，在日夜交替的自然暗适应期间，棉铃虫蛾复眼的转化有快慢之分(侯无危 贺小威，1979)。从本项研究结果看来，在该时期内复眼表现的个体差异的原因似乎并不是很单纯的。而且烟青虫蛾眼的暗适应确有快慢之分(李典谟 马幼飞，1977)。

2. 在 9℃到 25℃四个组之间的棉铃虫蛾复眼，经过 1.5 小时的暗适应，其复眼的转化程度，在反光区指数的大小上，差异虽不太明显，然而在通过底片的透射光量的多少上则有明显不同。低于 8℃(包括 8℃)以下的温度时，尽管暗适应时间相同，但对蛾眼的转化，就有明显不同。从测定各反光区指数内的虫数分布来看，棉铃虫蛾复眼在 8℃ 的温度下暗适应 1.5 小时后，仅有 2 头虫蛾复眼的转化达到相当于日暮时反光区的面积，而大多数的蛾眼正处在转化或未转化的状态。因此可以认为，在 8℃时复眼的视觉灵敏度不是很高的。或者可以认为，8℃是一个影响蛾眼由昼眼向夜眼转化的临界温度。

3. 河北饶阳(饶阳测报站)从 1980—1982 年的三年中，在早春期间于测报灯下收集到的蛾子看，1980 年初次见到棉铃虫蛾的日期为 4 月 27 日，其温度从 16 时到翌日 3 时

的逐时记载都在 8.9℃以上。 1981 年见蛾期为 4 月 23 日，16 时到翌日 3 时的温度都在 13.2℃以上。1982 年为 4 月 26 日，16 时到翌日 3 时的逐时记载都在 15.9℃以上。本实验的结果表明，在 8℃时大部分棉铃虫蛾虽已开始由昼眼向夜眼转化，但其转化的程度从反光区指数计算是比较差的。故此时复眼的适应能力还很差。根据我们的工作(侯无危、贺小威，1979 年)，趋光性的强弱与复眼暗适应的程度有密切的关系。所以不论在光源远近不同地点上的棉铃虫蛾，都会由于暗适应的程度而影响上灯的数量。因此从测报灯始见蛾时的温度资料，与我们测定蛾眼在暗适应时对温度反应所得结果来分析是相吻合的。

参　考　文　献

李典谟 马幼飞　1977　夜蛾趋光特性的研究：复眼反射光的变化和上灯概率分析。昆虫学报 **20**(2)：128—34。

侯无危 贺小威　1979　夜蛾趋光特性的研究：复眼转化过程中的行为变异。昆虫学报 **22**(1)：34—40。

马幼飞 李典谟 贺小威　1981　应用化学发光液探索粘虫在灯区的飞行动向。昆虫知识 **18**(3)：105—7。

Dudek, F. F. 1975 The visual response from the compound eye of *Oncopeltus fasciatus*: Effects of temperature and sensory adaptation. *J. Insect physiol.* **21**(3):517—28。

Howard, F. W. 1981 Pigment migration in the eye of *Myndus crudus* (Homoptera: Cixiidae) and its relationship to day and night activity. *Insect science and its application* **2**(3):129。

EFFECT OF ILLUMINATION AND TEMPERATURE ON THE TRANSITION OF ADAPTATION STATE OF COMPOUND EYES IN *MYTHIMNA SEPARATA* AND *HELIOTHIS ARMIGERA*

HOU WU-WEI

(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)

This paper deals with the effect of six illumination intensities (0.5, 1.5, 6, 13, 29, and 50 lux) on the transition of the day eyes of armyworm *Mythimna separata* to the night eyes after 2.5 hours adaptation and the effect of seven temperatures (1°, 5°, 8°, 10°, 15° and 25°C) on the transition of the day eyes of cotton bollworm *Heliothis armigera* after 2.5 hours dark adaptation. The results of the experiments are summariaed as follows:

1. When the illumination intensity was 0.5 lux, the average ratio of the diameter of the glowing area to diameter of the compound eye of the armyworm moth was 0.53. When the illumination intensity was 13 lux, the average ratio was only 0.13. Under 50 lux, all of the eyes have no glowing area.

2. From 9° to 25°C, either the percentage of transition of the light adapted eyes to the dark adapted eyes or the size of the glowing area showed little difference among the moths of cotton bollworm. When the temperature was 8°C or below, its effect was very significant under the same dark adaptation condition. Therefore, 8°C may be the critical temperature for transition of adaptation state of the compound eye.

Key words　*Mythimna separata*——*Heliothis armigera*——illumination——temperature——transition of adaptation state——compound eye